

LYPSYLEHMIEN SORKKASAIRAUKSIEN SEKÄ JALKARAKENNEOMINAISUUKSIEN JA ELOPAINON VÄLISET YHTEYDET

Maria Pekkala
Kotieläinten jalostustieteen
pro gradu –työ 2010
Huhtikuu 2010

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Maria Pekkala			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Lypsylehmien sorkkasairauksien sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset yhteydet			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten jalostustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Pro gradu -tutkielma		Aika — Datum — Month and year Huhtikuu 2010	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 31
<p>Tiivistelmä — Referat — Abstract</p> <p>Sorkkaterveys on tärkeä lypsylehmän ominaisuus ja se vaikuttaa lehmän kestävyys- ja hyvinvointiin. Sairaot sorkat vaikeuttavat lehmän liikkumista sekä aiheuttavat kipua ja stressiä. Sen seurauksena lehmän energiansaanti vähenee ja maitotuotos laskee. Aiemmissa tutkimuksissa sorkkasairauksien on todettu olevan vain heikosti periytyvä ominaisuus ja siitä syystä pyrittiinkin löytämään toisenlainen lähestymistapa sorkkaterveyden jalostamiseen. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli laskea geneettiset ja fenotyypiset yhteydet sorkkasairauksien esiintymisen sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon välille, sekä laskea periytymisasteet sorkkasairausominaisuudelle.</p> <p>Aineisto saatiin Faba Jalostukselta. Käytössä olivat eläinten sorkkasairaus-, jalkarakennearvostelu- ja elopainotiedot sekä eläinten sukulaisuustiedot. Aineisto käsitti 17 614 ayrshire-rotuista ja 7 858 holstein-friisiläis-rotuista lypsylehmää. Eri sorkkasairauksia ei käsitelty erillisinä ominaisuuksina vaan sorkkasairausominaisuutta käsiteltiin kaksiluokkaisena terve/sairas-ominaisuutena, koska oltiin nimennönnä kiinnostuneita sorkkasairauksien sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon yhteyksistä yleisellä tasolla. Jalkarakenneominaisuuksina olivat kinner-, vuohis- ja sorkkakulma, takajalkojen asento takaa katsottuna ja luuston laatu.</p> <p>Aineiston esikäsittelyyn ja alustaviin analyysihin käytettiin WSYS-L ja XWSYS-ohjelmistoa. Perinnöllisten tunnusluku- jen arviointiin tarvittavat varianssikomponentit laskettiin Restricted Maximum Likelihood (REML) –menetelmällä käyttäen VCE6 –ohjelmistoa.</p> <p>Tässä tutkimuksessa lasketut arviot olivat samansuuntaisia kuin aiemmissa tutkimuksissa saadut arvot. Käytetty malli oli isämalli, missä tyttärillä oli useita sorkkasairaushavaintoja. Sorkkasairauksien esiintymisen periytymisasteen arvioksi saatiin ayrshirelle 0,09 ($\pm 0,75E-02$) ja holstein-friisiläiselle 0,04 ($\pm 0,26E-02$). Binomiaalikorjattuina periytymisasteen arviot olivat hieman korkeampia kuin korjaamattomat. Korjatuiksi periytymisasteen arvioiksi saatiin ayrshirelle 0,14 ja holstein-friisiläiselle 0,06.</p> <p>Sorkkasairauksien ja jalkarakenneominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat pieniä ja vain osa geneettisistä korrelaatioista poikkesi selvästi nolasta. Ayrshirellä löytyi selvästi negatiivinen geneettinen korrelaatio sorkkasairauden ja sorkkakulman välille ($r_g = -0,59(\pm 0,14)$). Suurin positiivinen geneettinen korrelaatio saatiin ayrshirelle sorkkasairauden ja takajalkojen asennon takaa katsottuna välille ($r_g = 0,44(\pm 0,16)$). Holstein-friisiläisellä sitä vastoin huomattavin geneettinen korrelaatio oli sorkkasairauden ja kinnerkulman välillä ja tämäkin geneettinen korrelaatio oli ainoastaan 0,18 ($\pm 0,13$). Sorkkasairauksien ja elopainon väliset geneettiset korrelaatiot molemmilla roduilla olivat lähes nollia. Myös fenotyypiset korrelaatiot molemmilla roduilla olivat käytännössä nollia.</p> <p>Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että sorkkasairaudet ovat vain heikosti periytyvä ominaisuus. Geneettiset korrelaatiot sorkkasairauksien sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon välillä eivät olleet muuttamassa poikkeusta lukuun ottamatta kovin huomattavia. Sorkkaterveyden jalostaminen on tärkeää ja sorkkaterveysindeksi on hyvä lisä nykyiseen jalostusohjelmaan. Arvosteluvarmuutta voitaisiin kuitenkin parantaa laskemalla yhdistetty jalka- ja sorkkaindeksi.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords lypsykarja, sorkkahoito, periytymisaste, geneettinen korrelaatio			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Kotieläintieteen laitos			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information			

Sisällys

1. Johdanto.....	1
2. Aineisto ja menetelmät.....	2
2.1 Aineiston kuvaus.....	2
2.2 Tutkittavat ominaisuudet	3
2.2.1 Sorkkasairaudet	3
Sorkkakuume ja anturan vertymät.....	4
Anturahaavauma.....	5
Sorkka-alueen ihotulehdus.....	5
Sorkkavälin ihotulehdus	5
Kantasyöpymä.....	6
Valkoviivan pilaantuma ja repeämä	6
Kierresorkka.....	6
Sorkkasairaudet lopullisessa aineistossa	7
2.2.2 Jalkarakenneominaisuudet	9
2.2.3 Elopaino	9
2.3 Kiinteät tekijät ja niiden luokittelu.....	10
2.4 Käytetyt tilastolliset ohjelmistot, menetelmät ja mallit.....	12
3. Tulokset ja tulosten tarkastelu	16
3.1 Tutkittavien muuttujien keskiarvot ja vaihtelut	16
3.2 Tutkittavien muuttujien selittävät tekijät.....	19
3.2.1 Kiinteiden tekijöiden yhteydet tutkittaviin muuttujiin	19
3.3 Tutkittavien muuttujien periytymisasteiden arviot sekä isän, karjan ja pysyvän ympäristötekijän vaikutukset.....	20
3.4 Geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot.....	22
Jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot.....	22
Sorkkasairauksien sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset geneettiset korrelaatiot.....	25
Sorkkasairauksien ja jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset fenotyypiset korrelaatiot.....	27
4. Yhteenveto ja johtopäätökset.....	27
Kirjallisuus	29

Taulukot

Taulukko 1. Sorkkasairauksien yleisyys sorkkahoitohavainnoista ayrshire- ja holstein-friisiläis-rotuisilla eläimillä.	7
Taulukko 2. Sorkkahoitohavaintojen jakautuminen vuosittain.	7
Taulukko 3. Sorkkahoitojen lukumäärä eläintä kohti.	8
Taulukko 4. Hoidettujen lehmien määrä karjaa kohti.	8
Taulukko 5. Jalkarakenneominaisuuksien kuvaus asteikon ääripäissä.	9
Taulukko 6. Havaintojen lukumäärät painoluokkaa kohti.	100
Taulukko 7. Lehmien jakautuminen poikimaluokkiin.	10
Taulukko 8. Jalkarakennearvosteluiden ja elopainonmittauksien lukumäärät arvosteluikäluokkaa kohti ayrshirellä.	111
Taulukko 9. Jalkarakennearvosteluiden ja elopainonmittauksien lukumäärät arvosteluikäluokkaa kohti holstein-friisiläisellä.	11
Taulukko 10. Sorkkahoitohavaintojen lukumäärä laktaatiokauden vaiheiden luokkia kohden.	12
Taulukko 11. Sorkkahoitohavaintojen jakautuminen terveisiin ja sairaisiin.	16
Taulukko 12. Jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon keskiarvot ja vaihtelua kuvaavat tunnusluvut ayrshirellä.	18
Taulukko 13. Jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon keskiarvot ja vaihtelua kuvaavat tunnusluvut holstein-friisiläisellä.	18
Taulukko 14. Ayrshiren sorkkasairauden, jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon periytymisasteiden arviot (h^2) ja niiden arvioinnissa käytetyt varianssikomponentit (isävarianssi σ_s^2 , karjavarianssi σ_{mkk}^2 , arvostelijavarianssi σ_{arv}^2 , pysyvän ympäristötekijän varianssi σ_{pe}^2 ja jäännösvarianssi σ_e^2).	21
Taulukko 15. Holstein-friisiläisen sorkkasairauden, jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon periytymisasteiden arviot (h^2) ja niiden arvioinnissa käytetyt varianssikomponentit (isävarianssi σ_s^2 , karjavarianssi σ_{mkk}^2 , arvostelijavarianssi σ_{arv}^2 , pysyvän ympäristötekijän varianssi σ_{pe}^2 ja jäännösvarianssi σ_e^2).	21
Taulukko 16. Jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset geneettiset korrelaatiot keskivirheeseen (yläkolmio) sekä fenotyypiset korrelaatiot ayrshirellä (alakolmio).	23
Taulukko 17. Jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset geneettiset korrelaatiot keskivirheeseen (yläkolmio) sekä fenotyypiset korrelaatiot holstein-friisiläisellä (alakolmio).	24

Taulukko 18. Sorkkasairauksien esiintymisen sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset geneettiset korrelaatiot.	25
---	----

Kuvat

Kuva 1. Eläinlääkäreiden ja sorkkahoitajien tekemien sorkkasairaushavaintojen lukumäärät..	4
Kuva 2. Jalkarakenneominaisuuksien jakaumat ayrshirellä.....	17
Kuva 3. Jalkarakenneominaisuuksien jakaumat holstein-friisiläisellä	17
Kuva 4. Painoluokan jakaumat ayrshirellä ja holstein-friisiläisellä.	19

1. Johdanto

Sorkkaterveys on lypsylehmän tärkeä ominaisuus. Se vaikuttaa lehmän kestävyYTEEN ja sitä kautta myös siihen, miten kauan lehmä pysyy karjassa. Nykyisissä pihattonavetoissa lehmien liikuntakyvyllä on suuri merkitys, koska lehmien on kyettävä liikkumaan esteettömästi ja säännöllisesti lypsylle ja syömään. Jos liikkuminen on vaikeaa, makuullaoloajat pitenevät ja energian saanti vähenee. Sorkkiaa aristava ja liikuntakyvyltään heikentynyt lehmä on altis myös muille vaurioille. Se talloo helpommin muun muassa vetimiään ja näin vedinvaurioiden ja utaretulehduksien todennäköisyys kasvaa sorkkasairauksista kärsivällä lehmällä.

Sorkkien ongelmat aiheuttavat eläimelle paitsi fyysistä haittaa yleensä myös kipua ja tästä johtuvaa stressiä. Nämä tekijät heikentävät huomattavasti eläimen hyvinvointia. Sorkkasairaudesta kärsivän eläimen tuottama maitomäärä laskee niin stressin kuin vähentyneen energiansaanninkin takia. Samalla kulut kasvavat esimerkiksi lisääntyneiden eläinlääkäri- ja sorkkahoitokäyntien myötä. Suomalaisilla ayrshire-rotuisilla lehmillä tehdyssä tutkimuksessa todettiin sorkka- ja jalkaongelmista kärsivän lehmän tuottaman päiväkohtaisen maitotuotoksen laskevan 1,5–2,8 kilogrammaa kahden diagnoosia seuraavan viikon aikana (Rajala-Schultz ym. 1999). Isoissa yksiköissä tuotosmenetykset saattavat olla merkittäviä, jos karjassa on useita sorkkasairauksista kärsiviä lehmiä.

Kuluttajien kasvanut kiinnostus tuotantoeläinten hyvinvointi- ja terveysominaisuuksia kohtaan on myös osaltaan lisännyt tarvetta panostaa terveysominaisuuksien jalostamiseen. Jalostuksen kannalta tietojen keräilyssä on tärkeänä lisänä eläinlääkäreitten tekemien havaintojen ja hoitojen lisäksi sorkkahoitajien ja karjanomistajien tekemät havainnot. Sorkkahoitajat tekevät sorkkasairauksien hoidon lisäksi ennen kaikkea sorkkasairauksia ennaltaehkäisevää työtä.

Kaiken kaikkiaan maatalouden rahalliset tuotosmarginaalit ovat kapenemassa. Tämä tuo painetta muuttaa jalostusohjelmia ja tuotantoa niin, että tavoitteena on kokonaisvaltaisesti hyvinvoiva ja tuottava eläin, joka pysyisi karjassa mahdollisimman pitkään. Muun muassa karjan uudistuskustannukset kohoavat, jos eläimiä joudutaan poistamaan ennenaikaisesti sorkkasairauksien vuoksi.

Aiemmin tehdyissä tutkimuksissa on todettu sorkkasairauksien olevan vain heikosti periytyvä ominaisuus ja tutkimuksissa saadut periytymisasteet ovat olleet alhaisia (Laursen ym. 2009; van Dorp ym. 1998). Tästä syystä pyrittiinkin löytämään toisenlainen lähestymistapa sorkkaterveyden jalostamiseen. Vuonna 2007 otettiin Suomessa käyttöön uudet kokonaisjalostusarvot, missä on lisätty jalkarakenneominaisuuksille annetut painokertoimet. Ayrshirellä ja holstein-friisiläisellä uutena kokonaisjalostusarvon osana on jalkarakenne painokertoimella 0,1 (Vahlsten 2007).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia geneettisiä ja fenotyyppisiä yhteyksiä sorkkasairauksien esiintymisen sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon välillä sekä laskea sorkkasairausominaisuuksien periytymisasteet.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Aineiston kuvaus

Tutkimuksessa käytetty aineisto saatiin Faba Jalostukselta. Käytössä olivat eläinten sorkkahoito-, rakennearvostelu- ja elopainotiedot sekä eläinten sukulaisuustiedot.

Aluksi tehtiin perusrajaukset koko aineistolle. Aineisto rajattiin rotujen osalta ayrshire- ja holstein-friisiläis -rotuisiin eläimiin. Suomenkarjan eläimet jätettiin aineistosta pois niiden vähäisen lukumäärän vuoksi. Aineisto rajattiin koskemaan sorkkahoitoja vuosilta 2000–2008. Aineistoon otettiin vain eläimet, joilta löytyi sorkkahoitohavainto. Sitä vastoin rakennearvosteluita aineistossa oli tehty vuodesta 1995 ja elopainon määrittämisestä vuodesta 1987 lähtien. Rakennearvosteluista ja elopainon mittauksista otettiin mukaan vain ensimmäinen arvostelu. Lisäksi aineistosta rajattiin pois kaikki virheellisiksi luokitellut arvot asetettujen poimintarajojen mukaisesti.

Lopulliseen aineistoon tuli mukaan 25472 lehmää, joista ayrshire-rotuisia lehmiä oli 17614 ja holstein-friisiläisiä 7858. Lehmien isä aineistoon tuli mukaan 2532. Kuudelletoista lehmälle

ei löytynyt syntymätunnuksen perusteella isää. Aineistossa oli sonnia kohden 1-420 tytärtä, jotka olivat 2953 karjassa.

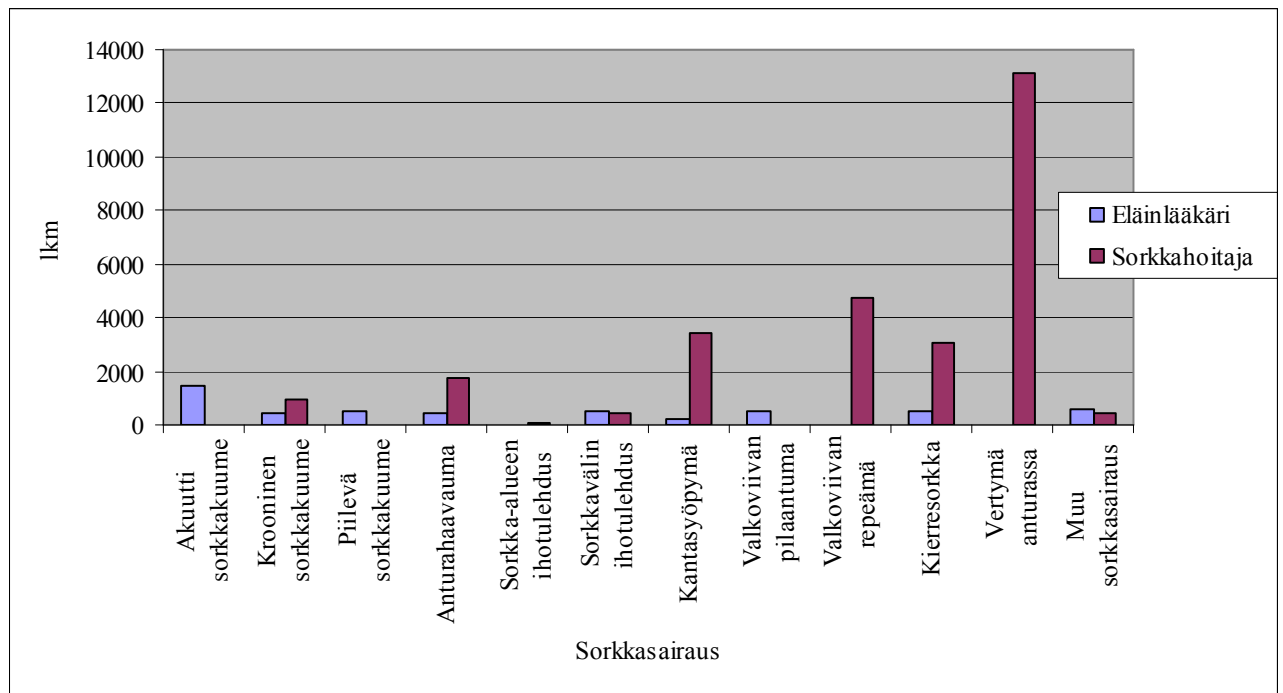
Perusrajaukset tehtiin molemmille roduille, minkä jälkeen esikäsitelty aineisto jaettiin rodutain. Kaikki analyysit tehtiin molemmille roduille erikseen.

2.2 Tutkittavat ominaisuudet

Tutkimuksessa käsiteltiin sorkkasairautta yleisesti terve/sairas-ominaisuutena. Tämän lisäksi tutkittavina ominaisuuksina käsiteltiin jalkarakenneominaisuuksia, joita tässä tapauksessa olivat kinnerkulma, vuohiskulma, takajalkojen asento takaa katsottuna, sorkkakulma ja luuston laatu. Kolmas tutkittava ominaisuus oli elopaino.

2.2.1 Sorkkasairaudet

Aineistossa käsiteltiin Suomessa yleisesti esiintyviä sorkkasairauksia. Alkuperäisessä aineistossa oli eriteltynä sekä sorkkahoitajien että eläinlääkäreiden tekemät sorkkahoitohavainnot. Sorkkahoitajat olivat kuitenkin tehneet havaintoja huomattavasti enemmän kuin eläinlääkärit (kuva 1).



Kuva 1. Eläinlääkäreiden ja sorkkahoitajien tekemien sorkkasairaushavaintojen lukumäärät.

Sorkkakuume ja anturan vertymät

Sorkkakuume on martosorkan häiriötila (Huang & Shanks 1995). Tässä herkässä kudoksessa sijaitsevat muun muassa sarveisainesta tuottavat solut ja näin ollen häiriötila aiheuttaa epäedullisia muutoksia myös sorkan kasvuun. Sorkkakuume voi esiintyä äkillisenä eli akuuttina, piilevänä tai kroonisenä. Akuutti sorkkakuume on melko harvinainen lypsylehmillä ja liittyy esiintyessään usein viljan ja väkirehun liialliseen syöntiin (Greenough 2007).

Piilevä sorkkakuume voidaan havaita normaalisti vain sorkkaoireina, kuten verenpurkaumina eli vertyminä anturassa ja sorkan kellertävänä värinä. Krooniseen sorkkakuumeeseen liittyy sorkan kasvuhäiriöitä, jolloin sorkka muuttuu pitkänomaisemmaksi, litteämmäksi ja leveämmäksi kuin normaalin muotoinen sorkka. Lisäksi sivulta katsottuna sorkka ja sen kärjet näyttävät kaartuvan ylöspäin. Sorkassa on myös ruununrajan suuntaisia syviä ja aaltomaisia uurteita (Ishler ym. 1999). Aineistossa esiintyi sorkkakuumetta kaikissa muodoissaan yhteensä ayrshire-havainnoista 5,1 % ja holstein-friisiläis -havainnoista 4,7 %. Tässä tutkimuksessa vertymä anturassa oli yleisin sorkkahoitohavainto. Sitä esiintyi 17,4 %:lla ayrshire-eläimien havainnoista ja 23,4 %:lla holstein-friisiläis -eläimien havainnoista (taulukko 1).

Anturahaavauma

Anturahaavauma on kivulias ja hitaasti paraneva sorkkasairaus. Sitä esiintyi aineistossa 2,2 %:lla ayrshire-havainnoista ja 5,3 %:lla holstein-friisiläis -havainnoista (taulukko 1). Näkyvänä oireena ovat kipuoireet, kuten lehmän jatkuva painon vaihtelu puolelta toiselle tai seisominen jalan etuosalla niin, että paino siirtyisi kipeältä sorkan osalta pois. Muutenkin lehmä pyrkii siirtämään painonsa terveelle sorkalle. Sorkan pohjaan muodostuu reikä, josta saattaa valua kellertävää ja veristä kudosta (Rautala 1996). Anturahaavauman aiheuttaa verenkiertohäiriö sarveisaineen alaisissa kudoksissa, ja sitä pahentaa sorkkaan kohdistuva paine. Altistavia verenkiertohäiriöitä voi aiheuttaa muun muassa sorkkakuume (Greenough 2007).

Sorkka-alueen ihotulehdus

Sorkka-alueen ihotulehdus on helposti eläimeltä toiselle tarttuva tulehdus (Greenough 2007). Ihotulehduksen oireina ovat mansikkamaiset, pyöreät, punaiset ja kipeät haavaumat. Haavaumat voivat myös tihkua verta. Erona sorkkavälin ihotulehdukseen sorkka-alueen ihotulehdus ei aiheuta turvotusta, kuumetta ja sorkkavälin halkeamista. Joskus pitkälle edenneenä haavaumat saattavat levitä myös sorkkaväleihin (Bergsten 1997). Tämän tutkimuksen ayrshire-rotuisten eläinten havainnoista 0,2 %:ssa ja holstein-friisiläisistä 0,1 %:ssa oli sorkka-alueen ihotulehdusta (taulukko 1).

Sorkkavälin ihotulehdus

Sorkkavälin ihotulehdus on akuutti tai krooninen tulehdus sorkkanpuoliskojen välisellä ihoalueella ilman, että se on levinnyt ihonalaiskudokseen (Huang & Shanks 1995). Sairauden alkuvaiheessa sorkkavälin ihotulehduksen oireet ovat melko huomaamattomat. Akuuttina sairautena sorkkavälin ihotulehdus aiheuttaa kuumeen nousua, jalkojen turvotusta ja sorkkavälin ihon verestävyyttä ja halkeilua (Bergsten 1997). Ihotulehduksen aiheuttaa bakteeri-infektio. Yleisin infektion aiheuttaja on *Bacteroides nodosus* (Greenough 2007). Altistavina tekijöinä ihotulehdukselle ovat kosteus, lauhkea ilmasto sekä huono hygienia. Sitä esiintyy erityisesti koko ajan sisällä pidettävillä lypsylehmillä (Bergsten 1997). Tämän tutkimuksen ayrshire-havainnoista 1,2 %:ssa ja holstein-friisiläis -havainnoista 1,6 %:ssa oli sorkkavälin ihotulehdusta (taulukko 1).

Kantasyöpymä

Kantasyöpymää tavataan usein eläimillä, jotka seisovat märässä lietteessä. Kantasyöpymän altistavina tekijöinä ovat sorkkavälin ihotulehduksen tapaan huono hygienia ja kosteus. Kantasyöpymä voi olla seurausta sorkkavälin ihotulehduksen leviämisestä kantaan. Sorkan näkyviä oireita ovat mustat läikät, pyöreät kuopat ja syvät uurteet sorkan kantaosassa (Collick 1997). Kantasyöpymän edetessä kantaan muodostuu V-kirjaimen muotoisia saumoja, ja lopulta kannan sarveinen voi syöpyä kokonaan pois (Huang & Shanks 1995). Tässä tutkimuksessa 5,8 %:ssa ayrshire-havinnoista ja 4,2 %:ssa holstein-friisiläis-havinnoista oli kantasyöpymää (taulukko 1).

Valkoviivan pilaantuma ja repeämä

Valkoviiva on sorkan heikoin kohta. Se on hyvin herkkä ulkoiselle rasitukselle. Valkoviivan pilaantuminen ja repeäminen tarkoittaa sorkan seinämän irtoamista pohjasta eli anturasta (Huang & Shanks 1995). Valkoviivan repeämä voi olla myös sorkkakuumeen aiheuttama eli se voi olla myös metabolian häiriintymisen seurausta. Yleensä se aiheutuu kuitenkin jonkin mekaanisen paineen seurauksena (van Amstel & Shearer 2006). Ruhjeesta työntyy helposti sorkan sisäosiin likaa ja kiviä, ja niiden mukana bakteereita. Näin sorkka altistuu myös muille sorkkasairauksille. Yhteensä valkoviivan pilaantumaa ja repeämää havaittiin 6,2 %:ssa ayrshire-havinnoista ja 8,8 %:ssa holstein-friisiläis-havinnoista (taulukko 1).

Kierresorkka

Kierresorkassa sorkan toinen puoli kasvaa voimakkaammin ja kääntyy sorkan ylle. Yleensä voimakkaammin kasvaa ulkosorkka, joka kääntyy sisäsorkan päälle. Sorkan kärki alkaa kasvaa ylöspäin ja kääntyy samalla sisäänpäin. Sorkan pohjasta tulee vino, minkä johdosta lehmän paino kohdistuu sorkan ulkoreunalle (Huang & Shanks 1995). Aluksi sorkan seinämän sarveisaines voi peittää anturan, ja lopulta sarveisaines voi jopa korvata anturan kokonaan (Greenough 2007). Kierresorkkaa esiintyy varsinkin takajaloissa ja yleensä molemmilla puolilla. Kierresorkka altistaa myös muille sorkkasairauksille, kuten anturahaavaumalle (Blowey & Weaver 1991). Yleisyys havainnoista kierresorkalla oli 5,3 %:lla ayrshireillä ja 5,0 %:lla holstein-friisiläisillä (taulukko 1).

Taulukko 1. Sorkkasairauksien yleisyys sorkkahoitohavainnoista ayrshire- ja holstein-friisiläis-rotuisilla eläimillä.

Sorkkasairaus	Havainnoista %	
	Ay n = 46176	Fr n = 21937
Akuutti sorkkakuume	2,3	2,0
Krooninen sorkkakuume	2,1	1,9
Piilevä sorkkakuume	0,7	0,8
Anturahaavauma	2,2	5,3
Sorkka-alueen ihotulehdus	0,2	0,1
Sorkkavälin ihotulehdus	1,2	1,6
Kantasyöpymä	5,8	4,2
Valkoviivan pilaantuma	0,6	1,0
Valkoviivan repeämä	6,2	8,8
Kierresorkka	5,3	5,0
Vertymä anturassa	17,4	23,4
Muu sorkkasairaus	1,4	1,6
Ennaltaehkäisevä sorkkahoito	54,6	44,3
	100,0	100,0

Ay = ayrshire

Fr = holstein-friisiläinen

Sorkkasairaudet lopullisessa aineistossa

Aineisto käsitti vuosina 2000-2008 tehdyt sorkkahoitohavainnot. Hoidot keskittyivät vuosiin 2003-2006 (taulukko 2). Tämä johtui Suomessa silloin meneillään olevista terveystarkkailuhankkeista.

Taulukko 2. Sorkkahoitohavaintojen jakautuminen vuosittain.

Vuosi	Lukumäärä	
	Ay	Fr
2000	1709	751
2001	1822	813
2002	1630	674
2003	9299	4426
2004	9141	4361
2005	10384	4871
2006	6888	3523
2007	3411	1642
2008	1892	876
	46176	21937

Ay = ayrshire

Fr = holstein-friisiläinen

Lopullisessa aineistossa sorkkasairaudet käsiteltiin terve/sairas-ominaisuutena, koska oltiin nimenomaan kiinnostuneita sorkkasairauksien sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon yhteyksistä yleisellä tasolla. Koska alun perinkin aineistossa oli vain eläimiä, joilta löytyi sorkkahoitohavainto, kaikki saivat arvon sen mukaan oliko kyseessä ennaltaehkäisevä sorkkahoito vai jonkun sairauden tai vian hoito. Aineistossa olevat ennaltaehkäisevästi sorkkahoidetut eläimet saivat koodin 1 ja ne katsottiin terveiksi. Kaikki sorkkasairaushavainnot koodattiin samalla koodilla 2 eli sairast.

Sorkkahoitokerrat eläintä kohti jakautuivat myös hyvin laajalti. Eläimiä oli hoidettu 1-32 kertaa (taulukko 3). Prosentuaalisesti hoidot jakaantuivat melko samankaltaisesti rodusta riippumatta.

Taulukko 3. Sorkkahoitojen lukumäärä eläintä kohti.

Hoitokertoja/eläin	Ayrshire		Holstein-friisiläinen	
	Hoitoja	%	Hoitoja	%
1	7219	41,0	3097	39,4
2	3758	21,3	1673	21,3
3	2399	13,6	1041	13,2
4	1512	8,6	679	8,6
5	1034	5,9	452	5,8
6-10	1511	8,6	801	10,2
11-32	181	1,0	115	1,5
	17614	100,0	7858	100,0

Myös hoidettujen lehmien määrä prosentteina jakautui karjaa kohti melko tasaisesti molemmille roduille (taulukko 4).

Taulukko 4. Hoidettujen lehmien määrä karjaa kohti.

Hoidettuja lehmiä	Ayrshire		Holstein-friisiläinen	
	Karjoja	%	Karjoja	%
1-5	1321	54,4	833	56,2
6-10	276	11,4	191	12,9
11-40	513	21,1	309	20,9
41-100	223	9,2	124	8,4
101-542	94	3,9	25	1,7
	2427	100,0	1482	100,0

2.2.2 Jalkarakenneominaisuudet

Tutkittavia jalkarakenneominaisuuksia oli viisi: kinnerkulma, vuohiskulma, takajalkojen asento takaa katsottuna, sorkkakulma ja luuston laatu. Kaikki rakenneominaisuudet oli koodattu yleisesti rakennearvosteluissa käytetylle asteikolle 1-9 (taulukko 5). Osasta rakenneominaisuuksia oli olemassa vähemmän havaintoja kuin toisissa ominaisuuksissa. Lisäksi vaikka osasta rakennearvosteluista löytyi yhdelle eläimelle enemmän kuin yksi rakennearvostelutulos, päädyttiin toistotulosten vähyyden vuoksi ottamaan mukaan vain ensimmäinen arvostelu.

Taulukko 5. Jalkarakenneominaisuuksien kuvaus asteikon ääripäissä.

Jalkarakenneominaisuus	1	9	Optimi	
			Ay	Fr
Kinner	Erittäin suora kinner	Erittäin kiverä kinner	5	5
Vuohinen	Erittäin vento vuohinen	Erittäin pysty vuohinen	5	5
Takajalkojen asento	Kintereitten välinen etäisyys pieni	Etäisyys suurempi kuin sorkkien välinen etäisyys	8	8
Sorkkakulma	Pieni sorkkakulma	Jyrkkä kulma ja lähes vaakasuora karvaraja	7	6,5
Luuston laatu	Pyöreät ja paksut luut	Ohuet ja litteät luut	7,5	8

Ay = ayrshire

Fr = holstein-friisiläinen

Kintereen arvosteluasteikolla optimiarvo 5 merkitsee kintereen eli reisi- ja sääriluun välistä 15 °:n kulmaa. Vuohisen arvo 5 merkitsee vastaavasti vuohisluun 45 °:n kulmaa. Takajalkojen asento takaa katsottuna arvolla 8 merkitsee suoraa jalkoja takaa. Sorkkakulma arvostellaan sorkan etuosan kulmaa maahan nähden mittaamalla. Luuston laatu taas mitataan sääriluun rakennetta arvioiden.

2.2.3 Elopaino

Paino rajattiin niin, että alin hyväksytty paino oli 200 kilogrammaa. Painoluokat jaettiin pääsääntöisesti 50 kilogramman välein. Havaintoluokkien ääripäitä kuitenkin yhdisteltiin, jotta saataisiin tarpeeksi havaintoja kuhunkin luokkaan. Luokkia muodostui näin kaiken kaikkiaan 11 (taulukko 6).

Taulukko 6. Havaintojen lukumäärät painoluokkaa kohti.

Painoluokka	kg	Havaintojen lukumäärät	
		Ay	Fr
1	200–399	55	10
2	400–449	384	53
3	450–499	1966	313
4	500–549	4890	1196
5	550–599	5103	2015
6	600–649	3146	1895
7	650–699	1356	1321
8	700–749	496	663
9	750–799	168	251
10	800–849	39	100
11	850–999	11	41

Ay = ayrshire

Fr = holstein-friisiläinen

2.3 Kiinteät tekijät ja niiden luokittelu

Analyysit tehtiinroduittain, joten rotua ei käsitelty kiinteänä tekijänä. Poikimakerta luokiteltiin viiteen luokkaan: hiehoihin (1), ensikoihin (2), toisen kerran poikineihin (3), kolmannen kerran poikineihin (4) ja neljä ja useamman kerran poikineihin (5). Hiehot määriteltiin iällisesti kuudesta kuukaudesta kolmeen vuoteen (taulukko 7).

Taulukko 7. Lehmien jakautuminen poikimaluokkiin.

Poikimakerta	Havaintoja	
	Ay	Fr
1 (Hiehot)	1577	819
2	7754	3457
3	3424	1506
4	2101	954
5	2677	1072
Puuttuu	81	50

Ay = ayrshire

Fr = holstein-friisiläinen

Kuitenkin aineistossa poikimakerta oli yhdistetty lähimpään sorkkahoitoon eikä näin ollen jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon mittauksien ajankohdalle löytynyt lähintä poikima-

kertaa. Sen vuoksi otettiin jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon malliin kiinteäksi ikää kuvaavaksi tekijäksi ikä arvosteltaessa, joka jaettiin yhteentoista luokkaan (taulukko 8 ja 9).

Taulukko 8. Jalkarakennearvosteluiden ja elopainonmittauksien lukumäärät arvosteluikäluokkaa kohti ayrshirellä.

Arvosteluikäluokka	Ikä päivinä	Jalkarakennearvostelujen lukumäärä	Elopainon mittauksien lukumäärä
1	0-600	20	32
2	601-800	1944	1396
3	801-1000	7143	5589
4	1001-1200	3732	1845
5	1201-1400	1402	2000
6	1401-1600	967	4362
7	1601-1800	657	735
8	1801-2000	485	566
9	2001-2200	299	394
10	2201-3000	699	546
11	3001-5894	266	149

Taulukko 9. Jalkarakennearvosteluiden ja elopainonmittauksien lukumäärät arvosteluikäluokkaa kohti holstein-friisiläisellä.

Arvosteluikäluokka	Ikä päivinä	Jalkarakennearvostelujen lukumäärä	Elopainon mittauksien lukumäärä
1	0-600	9	14
2	601-800	816	631
3	801-1000	3142	2649
4	1001-1200	1720	853
5	1201-1400	623	845
6	1401-1600	453	1813
7	1601-1800	304	356
8	1801-2000	229	235
9	2001-2200	140	167
10	2201-3000	297	238
11	3001-5894	125	57

Vuosi-vuodenaikatekijät tehtiin kullekin selitettävälle ominaisuudelle erikseen. Saatiin siis vuosi-vuodenaikatekijä niin sorkkasairauksille, jalkarakenneominaisuuksille kuin elopainollekin. Luokat jaettiin niin, että talvikuukausiksi katsottiin joului-, tammi- ja helmikuu, kevät-kuukausiksi maaliskuu-, huhti- ja toukokuu, kesäkuukausiksi kesä-, heinä- ja elokuu ja syyskuukausiksi syys-, loka- ja marraskuu. Sorkkasairauksien malliin tehtiin hoitovuosi-

vuodenaikatekijä vuodesta 2000 eteenpäin. Ayrshirellä ja holstein-friisiläisellä luokkien lukumäärä oli 36. Samoin tehtiin aineistosta rakennearvosteluiden arvosteluvuosi-vuodenaikatekijä. Rakennearvosteluita tutkimusaineiston puitteissa oli tehty vuodesta 1994 ja luokkien lukumäärä oli näin ollen molemmilla roduilla 58. Sitä vastoin elopainojen mittauksia oli tehty eri roduilla aineistossa eri vuosina. Aineistossa olevien ayrshire-eläinten elopainojen mittaukset oli aloitettu jo vuonna 1987 ja luokkien lukumääräksi saatiin 62. Holstein-friisiläisillä taas elopainoja oli mitattu vasta vuodesta 1991 eteenpäin ja luokkia saatiin näin ollen 53.

Kiinteänä tekijänä sorkkasairauksien mallissa käsiteltiin laktaatiokauden vaihe sorkkahoidon ajankohtana. Laktaatiokausi jaettiin 60 päivän välein luokkiin niin, että saatiin yhdeksän luokkaa (taulukko 10).

Taulukko 10. Sorkkahoitohavaintojen lukumäärä laktaatiokauden vaiheiden luokkia kohden.

Laktaatiokauden vaihe	Päivää poikimisesta	Sorkkahoitohavaintojen lukumäärä	
		Ay	Fr
1	Hiehot	1949	990
2	0-60	6354	3010
3	61-120	6279	3170
4	121-180	6271	3014
5	181-240	6379	3045
6	241-300	6074	2813
7	301-360	4614	2196
8	361-420	2910	1297
9	421-3547	5156	2308
Puuttuu		191	94

Ay = ayrshire

Fr = holstein-friisiläinen

2.4 Käytetyt tilastolliset ohjelmistot, menetelmät ja mallit

Aineiston esikäsittelyyn ja alustaviin analyysihin käytettiin WSYS-L- ja XWSYS-ohjelmistoa (Vilva 1998). Perinnöllisten tunnuslukujen arviointiin tarvittavat varianssikomponentit laskettiin Restricted Maximum Likelihood (REML) -menetelmällä käyttäen VCE6-ohjelmistoa (Groeneveld ym. 2008).

Malleilla 1, 2a ja 2b laskettiin ominaisuuksien periytymisasteet. Kiinteiden tekijöiden merkitsevyys testattiin F-testillä ilman satunnaistekijöitä.

Toistuvuusisämallilla 1 estimoitiin sorkkasairauksien satunnaistekijöiden varianssikomponentit. Kiinteinä tekijöinä sorkkasairauksien mallissa olivat poikimakerta, laktaatiokauden vaihe ja vuosi-vuodenaikatekijä. Eläinlääkäri, karja, eläin pysyvänä ympäristötekijänä ja isä olivat satunnaistekijöitä.

Malli 1.

$$y_{ijklmnop} = \mu + pkerta_i + lakt_j + vvaika_k + elaak_l + mkk_m + sid_n + ssid_o + \varepsilon_{ijklmnop}$$

$y_{ijklmnop}$ = sorkkasairaus (1 = lehmällä ei sorkkasairautta, 2= lehmällä havaittu sorkkasairaus), havainnot 1...p

μ = yleiskeskisarvo

$pkerta_i$ = poikimakerta $i=1, \dots, 6$

$lakt_j$ = laktaatiokauden vaihe $j=1, \dots, 9$

$vvaika_k$ = sorkkahoidon vuosi-vuodenaikatekijä $k=1, \dots, 36$

$elaak_l$ = satunnainen eläinlääkäri/sorkkahoitaja_l, $N(\mathbf{0}, \mathbf{I} \sigma_{elaak}^2)$

mkk_m = satunnainen karja_m, $N(\mathbf{0}, \mathbf{I} \sigma_{mkk}^2)$

sid_n = satunnainen eläin_n pysyvänä eläinkohtaisena ympäristötekijänä $N(\mathbf{0}, \mathbf{I} \sigma_{sid}^2)$

$ssid_o$ = satunnainen isän_o additiivinen geneettinen vaikutus, $N(\mathbf{0}, \mathbf{A} \sigma_s^2)$

$\varepsilon_{ijklmnop}$ = satunnainen jäännöstekijä, $N(\mathbf{0}, \mathbf{I} \sigma_\varepsilon^2)$

\mathbf{I} = identiteettimatriisi

\mathbf{A} = additiivinen geneettinen sukulaisuusmatriisi, jossa mukana on neljä vanhempaissukupolvea ja vain isän puoleiset sukulaisuudet huomioidaan

σ_s^2 = additiivinen geneettinen isävarianssi

Jalkarakennearvosteluiden ja elopainon satunnaistekijöiden varianssikomponentit laskettiin malleilla 2a ja 2b. Kiinteiden tekijöiden merkitsevyys testattiin kuten mallissa 1 ilman satunnaistekijöitä. Kiinteinä tekijöinä mallissa 2a olivat ikä rakennearvosteluhetkellä ja rakennearvostelun vuosi-vuodenaikatekijä. Satunnaisina tekijöinä olivat rakennearvostelija, karja sekä isä. Vastaavasti mallissa 2b kiinteinä tekijöinä olivat ikä elopainon mittaushetkellä sekä elopainon vuosi-vuodenaikatekijä. Satunnaisina tekijöinä mallissa 2b olivat karja ja isä.

Malli 2a.

$$y_{ijklmn} = \mu + rikalk_i + ravv_j + ra_arvost_k + mkk_l + ssid_m + \varepsilon_{ijklmn}$$

y_{ijklmn} = jalkarakenneominaisuus (1-9), tyttärien 1...n havainnot isälle m

μ = yleiskeskisarvo

$rikalk_i$ = eläimen ikäluokkatekijä rakenearvosteltaessa $i=1, \dots, 11$

$ravv_j$ = rakenearvostelun vuosi-vuodenaikatekijä $j=1, \dots, 59$

ra_arvost_k = satunnainen rakenearvostelija_k, $N(\mathbf{0}, \mathbf{I} \sigma_{ra_arvost}^2)$

mkk_l = satunnainen karja_l, $N(\mathbf{0}, \mathbf{I} \sigma_{mkk}^2)$

$ssid_m$ = satunnainen isän_m additiivinen geneettinen vaikutus, $N(\mathbf{0}, \mathbf{A} \sigma_s^2)$

ε_{ijklmn} = satunnainen jäännöstekijä, $N(\mathbf{0}, \mathbf{I} \sigma_\varepsilon^2)$

\mathbf{I} = identiteettimatriisi

\mathbf{A} = additiivinen geneettinen sukulaisuusmatriisi, jossa mukana on neljä sukupolvea ja vain isän puoleiset sukulaisuudet huomioidaan

σ_s^2 = additiivinen geneettinen isävarianssi

Malli 2b.

$$y_{ijklm} = \mu + mikalk_i + mvv_j + mkk_k + ssid_l + \varepsilon_{ijklm}$$

y_{ijklm} = elopainoluokka (1-11), tyttärien 1...m havainnot isälle l

μ = yleiskeskisarvo

$mikalk_i$ = eläimen ikäluokkatekijä elopainon mittaushetkellä $i=1, \dots, 11$

mvv_j = elopainon mittauksen vuosi-vuodenaikatekijä $j=1, \dots, 74$ (Ay) ja $j=1, \dots, 66$ (Fr)

mkk_k = satunnainen karja_k $N(\mathbf{0}, \mathbf{I} \sigma_{mkk}^2)$

$ssid_l$ = satunnainen isän_l additiivinen geneettinen vaikutus, $N(\mathbf{0}, \mathbf{A} \sigma_s^2)$

ε_{ijklm} = satunnainen jäännöstekijä, $N(\mathbf{0}, \mathbf{I} \sigma_\varepsilon^2)$

\mathbf{I} = identiteettimatriisi

\mathbf{A} = additiivinen geneettinen sukulaisuusmatriisi, jossa mukana on neljä sukupolvea ja vain isän puoleiset sukulaisuudet huomioidaan

σ_s^2 = additiivinen geneettinen isävarianssi

Sorkkasairauksien sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset geneettiset korrelaatiot laskettiin käyttämällä seuraavanlaista monen ominaisuuden sekamallia (Lynch & Walsh 1998 s.775), jossa huomioitiin ominaisuuksien satunnaistekijöiden väliset kovarianssit. Korrelaatiot laskettiin isämallilla roduille erikseen pareittain, kaksi ominaisuutta kerrallaan. Ominaisuuksien väliset geneettiset kovarianssit laskettiin isien välisistä geneettisistä kovariansseista. Sorkkasairaus oli mallissa toistuvana tekijänä ja jalkarakennearvosteluista sekä elopainon mittauksista otettiin huomioon vain eläimen ensimmäinen havainto.

$$\mathbf{y}_i = \mathbf{X}_i \mathbf{b}_i + \mathbf{W}_i \mathbf{p}_i + \mathbf{Z}_i \mathbf{a}_i + \mathbf{e}_i$$

i = arvioitavat ominaisuudet, $i = 1, \dots, 7$

\mathbf{y}_i = ominaisuutta i kuvaava vektori

\mathbf{b}_i = ominaisuuden i kiinteiden tekijöiden vaikutusta kuvaava vektori

\mathbf{p}_i = ominaisuuden i pysyvien ympäristötekijöiden vaikutusta kuvaava vektori,
 $N(\mathbf{0}, \mathbf{I} \sigma_i^2)$

\mathbf{a}_i = ominaisuuden i additiivista geneettistä vaikutusta kuvaava vektori, $N(\mathbf{0}, \mathbf{A} \sigma_{ai}^2)$

\mathbf{X}_i = ominaisuuden i havainnot ja niitä selittävät ympäristötekijät yhdistävä matriisi

\mathbf{W}_i = ominaisuuden i havainnot ja niitä selittävät pysyvät ympäristötekijät yhdistävä matriisi

\mathbf{Z}_i = ominaisuuden i havainnot ja niitä selittävät satunnaistekijöitten vaikutukset yhdistävä matriisi

\mathbf{e}_i = ominaisuuden i jäännöstekijät sisältävä vektori

Sorkkasairaudet luokiteltiin aineistossa joko/tai-ominaisuutena eli terve/sairas. Sitä on kuitenkin käsitelty aineiston analyysissä lineaarisena jatkuva-asteikollisena muuttujana, koska voitiin olettaa, että joko/tai-ominaisuuden taustamuuttuja on normaalisti jakautunut ja siihen vaikuttavat monet geenit ja ympäristötekijät vaikka ominaisuutena se onkin kynnysarvomuuuttuja. Tämän johdosta periytymisasteiden arviot sorkkasairauksien kohdalla korjattiin Falconerin & Mackayn (1996) kirjassaan sivulla 302 esittämällä binomiaalikorjauksen kaavalla:

$$h_N^2 = h^2 \{(1-p)/i^2 p\}$$

jossa

h_N^2 = taustalla oletettu normaalisti jakautuneen taustamuuttujan periytymisaste

h^2 = korjaamaton sorkkasairauden periytymisasteen arvio

p = sorkkasairauksien esiintymisfrekvenssi

i^2 = valinnan intensiteetti (poimittu Falconerin & Mackayn (1996) esittämästä taulukosta (Appendix Table A), kun sorkkasairauden esiintymisfrekvenssi on tiedossa).

3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

3.1 Tutkittavien muuttujien keskiarvot ja vaihtelut

Sorkkasairauksien jakautuminen terveisiin ja sairaisiinroduittain on esitelty taulukossa 11. Havainnot jakautuivat melko tasaisesti terveiden ja sairaiden havaintojen kesken. Ayrshirellä vähän alle puolet sorkkahoitohavainnoista oli sairaita (45,4 %), kun taas holstein-friisiläisellä sairas-havaintoja oli vähän yli puolet (55,7 %).

Taulukko 11. Sorkkahoitohavaintojen jakautuminen terveisiin ja sairaisiin.

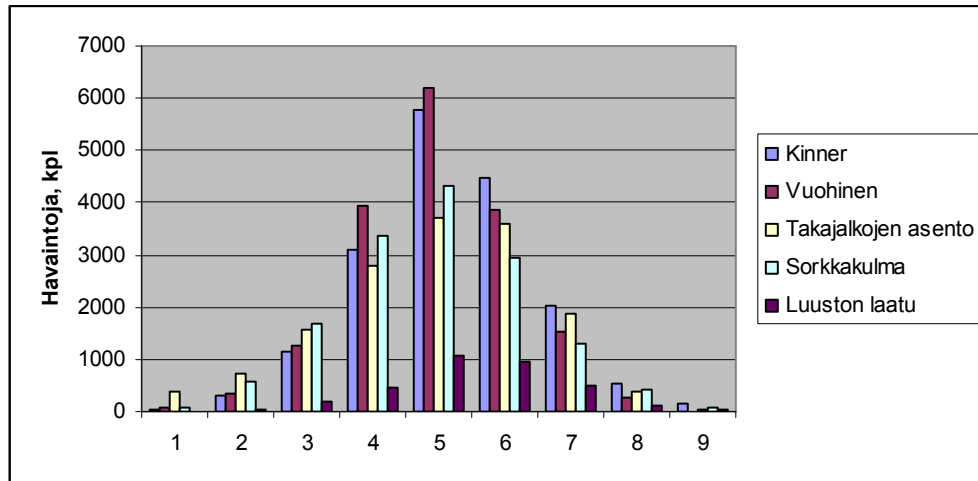
	Ay	%	Fr	%
Terve	25 209	54,6	9727	44,3
Sairas	20 967	45,4	12210	55,7
	46 176	100,0	21 937	100,0

Ay = ayrshire

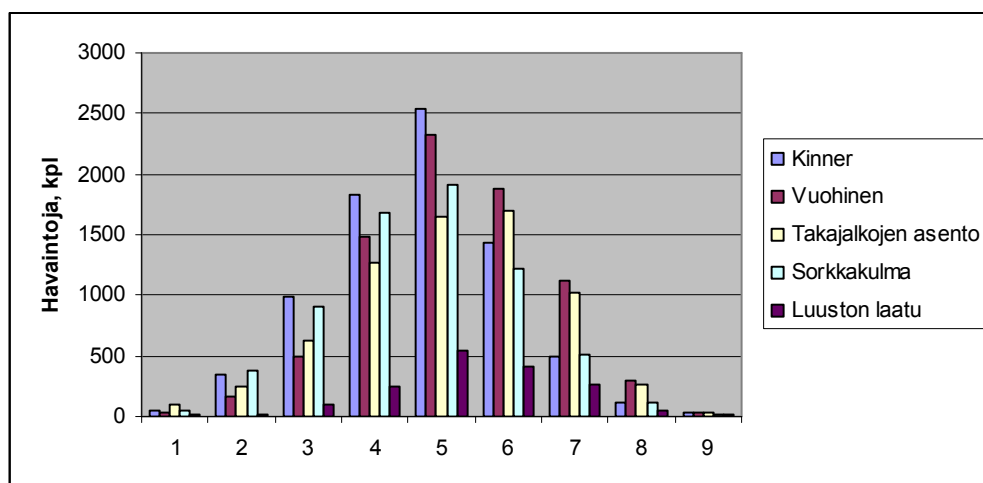
Fr = holstein-friisiläinen

Tutkittavista ominaisuuksista jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon jakaumat olivat suhteellisen normaalisia (kuva 2 ja 3) ja keskiarvot olivat hyvin lähellä luokkaa viisi kaikissa ominaisuuksissa (taulukko 12 ja 13). Ominaisuuksien optimiarvot eivät tosin sijainneet osassa ominaisuuksissa keskellä asteikkoa vaan olivat asteikon yläpäässä. Tästä voidaan päätellä, että useassa ominaisuudessa ollaan melko kaukana optimitalanteesta, koska ominaisuuksien

keskiarvot joka tapauksessa sijoittuivat skaalan keskivaiheille. Esimerkiksi takajalkojen asennon takaa katsottuna optimi on molemmilla roduilla kahdeksan ja tässä tutkimuksessa olevan aineiston mukaan keskiarvot ovat ayrshirellä 4,93 ja holstein-friisiläisellä 5,14.



Kuva 2. Jalkarakenneominaisuuksien jakaumat ayrshirellä.



Kuva 3. Jalkarakenneominaisuuksien jakaumat holstein-friisiläisellä.

Taulukko 12. Jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon keskiarvot sekä vaihtelua kuvaavat tunnusluvut, joita olivat hajonta, vaihtelukerroin (CV%) ja minimi ja maksimi ayrshirellä.

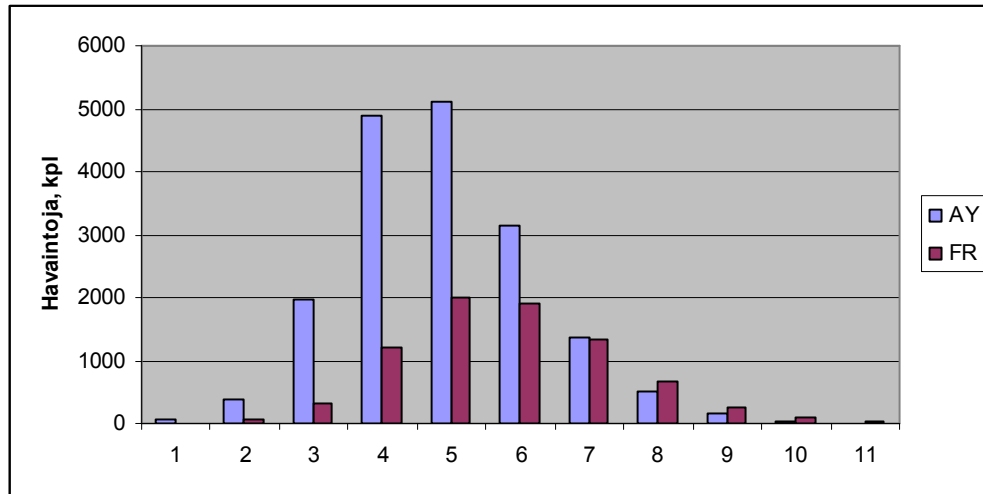
Ominaisuus	n	Keskiarvo	Hajonta	CV %	Min.	Max.
Kinner	17530	5,25	1,31	25,0	1	9
Vuohinen	17527	5,00	1,23	24,6	1	9
Takajalkojen asento takaa	15058	4,93	1,56	31,6	1	9
Sorkkakulma	14771	4,88	1,41	28,9	1	9
Luuston laatu	3361	5,38	1,29	24,0	1	9
Elopaino	17603	4,89	1,39	28,4	1	11

Taulukko 13. Jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon keskiarvot sekä vaihtelua kuvaavat tunnusluvut, joita olivat hajonta, vaihtelukerroin (CV%) ja minimi ja maksimi holstein-friisiläisellä.

Ominaisuus	n	Keskiarvo	Hajonta	CV %	Min.	Max.
Kinner	7825	4,72	1,34	28,4	1	9
Vuohinen	7825	5,26	1,36	25,9	1	9
Takajalkojen asento takaa	6904	5,14	1,53	29,8	1	9
Sorkkakulma	6782	4,69	1,40	29,9	1	9
Luuston laatu	1670	5,33	1,31	24,6	1	9
Elopaino	7854	5,80	1,56	26,9	1	11

Osa jalkarakenneominaisuuksista on kansallisesti arvosteltavia ominaisuuksia ja siksi julkaistuja tutkimustuloksia on suhteellisen vähän. Pääasiassa vertailutuloksia oli vain takajalkojen asennolle takaa katsottuna, sorkkakulmalle ja luuston laadulle. Kaikkien näiden ominaisuuksien skaala oli 1-9 samoin kuin oli tämän tutkimuksenkin jalkarakenneominaisuuksilla. Boelling ym. (2001) saivat Tanskan punaiselle rodulle takajalkojen asennon takaa katsottuna keskiarvoksi 6,06 ja sorkkakulmalle 4,99. Fatehi ym. (2003) taas saivat samoille ominaisuuksille arvot (\pm keskivirheet) välille 5,07-5,44 ($\pm 1,73$ -1,86) ja 4,91-5,33 ($\pm 1,73$ -1,86) riippuen navetan lattiatyypeistä tai sorkkahoidoista. Lisäksi Fatehi ym. (2003) saivat luuston laadulle keskiarvot välille 5,80-6,02 ($\pm 1,41$ -1,51). Tutkimuksessaan he käyttivät kanadalaista holstein-rotuista karjaa. Onyiron & Brotherstonen (2008) julkaisemassa holstein-friisiläisillä tehdyssä tutkimuksessa saatiin sorkkakulman keskiarvoksi 5,15 ($\pm 1,38$) ja luuston laadun keskiarvoksi 6,18 ($\pm 1,31$). Holstein-friisiläisen osalta tässä tutkimuksessa saadut keskiarvot olivat paikoin matalampia kuin aikaisemmissa tutkimuksissa.

Ayrshiren elopainon jakauma poikkesi hieman normaalista. Jakauma oli aavistuksen vino vasemmalle ja näin ollen voitiinkin todeta ayrshire-rotuisten eläinten olevan hiukan pienempiä elopainoltaan käytetyllä luokittelusteikolla 1-11 verrattuna holstein-friisiläisiin. Holstein-friisiläisten elopainon jakauma oli normaalinen (kuva 4).



Kuva 4. Painoluokkien havaintomäärien jakauma ayrshirellä (Ay) ja holstein-friisiläisellä (Fr).

3.2 Tutkittavien muuttujien selittävät tekijät

3.2.1 Kiinteiden tekijöiden yhteydet tutkittaviin muuttujiin

Kiinteiden tekijöiden vaikutusta tutkittaviin ominaisuuksiin analysoitiin LS-analyysin avulla. Suurin osa F-testillä testatuista kiinteistä tekijöistä vaikutti tilastollisesti erittäin merkitsevästi ($p < 0,001$) tutkittaviin muuttujiin. Vuosi-vuodenaikatekijä vaikutti erittäin merkitsevästi kaikkiin muuttujiin. Myös poikimakerta ja laktaatiokauden vaihe sorkkahoitoajankohtana olivat erittäin merkitseviä sorkkasairauksiin nähden molemmilla roduilla. Eläimen ikä rakennearvosteluajankohtana oli erittäin merkitsevä kaikkiin muihin jalkarakenneominaisuuksiin sekä ayrshirellä että holstein-friisiläisellä paitsi luuston laatuun ayrshirellä. Siihen ikäluokalla oli vain pieni vaikutus merkitsevyystasolla $p < 0,05$. Holstein-friisiläisellä taas ikäluokan vaikutus luuston laatuun oli $p < 0,001$ eli erittäin merkitsevä. Painoluokan kiinteät tekijät eli vuosi-vuodenaikatekijä ja ikä elopainon mittaushetkellä olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä sekä

ayrshirellä että holstein-friisiläisellä. Näin ollen kaikki mallien testatut kiinteät tekijät päädyttiin jättämään malleihin testauksen jälkeen molemmilla roduilla.

3.3 Tutkittavien muuttujien periytymisasteiden arviot sekä isän, karjan ja pysyvän ympäristötekijän vaikutukset

Toistuvuusisämallilla laskettuna sorkkasairauksien esiintymisen periytymisasteet olivat melko alhaisia. Tässä tutkimuksessa ayrshirelle sorkkasairauksien periytymisasteen arvioksi saatiin 0,09 ($\pm 0,75E-02$) ja holstein-friisiläiselle 0,04 ($\pm 0,26E-02$) (taulukko 14 ja 15). Saadut arviot korjattiin binomiaalikorjauksella (Falconer & Mackay, 1996) ja korjatut arviot olivat hieman korkeampia kuin lineaarisella sekamallilla lasketut. Korjatuiksi periytymisasteiden arvioiksi saatiin ayrshirelle 0,14 ja holstein-friisiläiselle 0,06.

Tässä tutkimuksessa saadut periytymisasteen arviot olivat hyvin samansuuntaisia, kuin aiemmin tehdyissä tutkimuksissa. Huang ja Shanks (1995) laskivat periytymisasteen arviot erikseen sorkkasairauksille ja saivat arviot välille 0,02–0,15. Tutkimuksessaan Huang ja Shanks käyttivät sekä lineaarista eläin- että isämallia. Lisäksi he laskivat tuloksia kynnysarvomallilla, joka on teoreettisesti oikeampi malli kyseisen kaltaisille joko/tai-ominaisuuksille. Korkeimmat periytymisasteen arviot Huangin ja Shanksin (1995) tutkimuksessa saatiin sorkkakuumelle (0,14), kantasyöpymälle (0,14) ja valkoviivan repeämälle (0,15). Korkeimmat arviot oli saatu laskemalla kynnysarvomallilla. Alhaisimmat arviot Huang ja Shanks saivat taas vertymälle anturassa (0,02). Samoin van der Waaij ym. (2005) saivat tutkimuksessaan periytymisasteiden arviot välille 0,01–0,10. Arvot vaihtelivat vertymän 0,01:stä sorkka-alueen ihotu-lehduksen 0,10:een. van der Waaij ym. (2005) käyttivät tutkimuksessaan isämallia. Suomalaisessa tutkimuksessa eläinmallilla laskettaessa periytymisasteiden arvioksi eri sorkkasairauksille saatiin 0,01–0,07 (Laakso 2006). Laakson tutkimuksessa saatiin muun muassa sorkkasairauden esiintymisen periytymisasteeksi 0,07 ja binomiaalikorjattuna samalle ominaisuudelle 0,11.

Taulukko 14. Ayrshiren sorkkasairauden, jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon periytymisasteiden arviot (h^2) ja niiden arvioinnissa käytetyt varianssikomponentit (isävarianssi σ_s^2 , karjavarianssi σ_{mkk}^2 , arvostelijavarianssi σ_{arv}^2 , pysyvän ympäristötekijän varianssi σ_{pe}^2 ja jäännösvarianssi σ_e^2).

	n	σ_s^2	σ_{mkk}^2	σ_{arv}^2	σ_e^2	σ_{pe}^2	h^2 (s.e.)
Sorkkasairaus	46156	0,79E-02	0,04	0,10	0,13	0,04	0,09 ($\pm 0,75E-02$)
Kinner	17529	0,07	0,06	0,08	1,45	...	0,16 ($\pm 0,59E-02$)
Vuohinen	17526	0,06	0,09	0,06	1,21	...	0,16 ($\pm 0,58E-02$)
Takajalkojen asento	15057	0,04	0,11	0,13	1,97	...	0,07 ($\pm 0,39E-02$)
Sorkkakulma	14770	0,04	0,12	0,18	1,72	...	0,07 ($\pm 0,44E-02$)
Luuston laatu	3360	0,10	0,10	0,14	1,40	...	0,24 ($\pm 0,02$)
Elopaino	17602	0,09	0,30	...	1,26	...	0,21 ($\pm 0,67E-02$)

n = havaintojen lukumäärä

Taulukko 15. Holstein-friisiläisen sorkkasairauden, jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon periytymisasteiden arviot (h^2) ja niiden arvioinnissa käytetyt varianssikomponentit (isävarianssi σ_s^2 , karjavarianssi σ_{mkk}^2 , arvostelijavarianssi σ_{arv}^2 , pysyvän ympäristötekijän varianssi σ_{pe}^2 ja jäännösvarianssi σ_e^2).

	n	σ_s^2	σ_{mkk}^2	σ_{arv}^2	σ_e^2	σ_{pe}^2	h^2 (s.e.)
Sorkkasairaus	21927	0,28E-02	0,04	0,09	0,13	0,04	0,04 ($\pm 0,26E-02$)
Kinner	7825	0,08	0,07	0,10	1,47	...	0,18 ($\pm 0,80E-02$)
Vuohinen	7825	0,05	0,11	0,07	1,45	...	0,13 ($\pm 0,71E-02$)
Takajalkojen asento	6904	0,07	0,12	0,24	1,85	...	0,12 ($\pm 0,63E-02$)
Sorkkakulma	6782	0,03	0,10	0,21	1,71	...	0,05 ($\pm 0,46E-02$)
Luuston laatu	1670	0,09	0,10	0,15	1,38	...	0,22 ($\pm 0,02$)
Elopaino	7854	0,12	0,40	...	1,43	...	0,26 ($\pm 0,90E-02$)

n = havaintojen lukumäärä

Sorkkasairaus oli tutkimuksen ainoa toistuva tutkittava ominaisuus, joten sille laskettiin ainoana ominaisuutena pysyvä ympäristötekijä. Sorkkasairauksien kohdalla pysyvän ympäristötekijän varianssi oli molemmilla roduilla yhtä suuri kuin karjavarianssi eli 0,04. Toistumiskertoimet sorkkasairauksille olivat ayrshirelle 0,21 ja holstein-friisiläiselle 0,16. Nämä toistumiskertoimet mukailivat aiemmin tehtyjen tulosten toistumiskertoimia eli toistuvien ominaisuuksien havainnoilla oli yhtä vahvat yhteydet keskenään, kuin aiemmissa tutkimuksissakin on havaittu. Muun muassa Huang ja Shanks (1995) saivat toistumiskertoimien arvoiksi sorkkasairauksille 0,14–0,19.

Tässä tutkimuksessa jalkarakenneominaisuuksien periytymisasteet olivat molemmilla roduilla alhaisia tai keskinkertaisia. Alhaisin periytymisasteen arvio saatiin sorkkakulmalle, joka oli ayrshirellä 0,07 ($\pm 0,44E-02$) ja holstein-friisiläisellä 0,05 ($\pm 0,46E-02$). Korkeimmat periytymisasteen arviot puolestaan saatiin luuston laadulle. Ayrshirellä luuston laadun periytymisasteen arvio oli 0,24 ($\pm 0,02$) ja holstein-friisiläisellä 0,22 ($\pm 0,02$). Samankaltaisia tuloksia ovat aiemmin saaneet muun muassa Laursen ym. (2009) ja van Dorp ym. (1998). Laursen ym. (2009) saivat periytymisasteen arvioksi takajalkojen asennolle takaa katsottuna 0,14, luuston laadulle 0,27 ja sorkkakulmalle 0,13. van Dorp ym. (1998) taas saivat samoille jalkarakenneominaisuuksille arvot 0,16, 0,21 ja 0,15.

Tässä tutkimuksessa elopainolle saadut periytymisasteen arviot olivat ayrshirelle 0,21 ($\pm 0,67E-02$) ja holstein-friisiläiselle 0,26 ($\pm 0,90E-02$). Elopainon periytymisasteen arviot olivat hieman alhaisempia kuin aiemmin tehdyissä tutkimuksissa. Esimerkiksi Toshniwal ym. (2008) saivat elopainon periytymisasteelle arvion 0,46 ($\pm 0,06$).

3.4 Geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot

Jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset geneettiset ja fenotyypiset korrelaatiot

Ayrshirellä jalkarakenneominaisuuksien väliset sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset geneettiset korrelaatiot olivat suurimmaksi osaksi selkeästi nollasta poikkeavia. Sitä vastoin fenotyypiset korrelaatiot olivat huomattavasti geneettisiä korrelaatioita pienempiä (taulukko 16). Suurin positiivinen geneettinen korrelaatio havaittiin sorkkakulman ja vuohisen välillä ($r_g = 0,51 (\pm 0,07)$), eli vuohiskulma on geneettisesti sitä suurempi, mitä suurempi sorkkakulma on. Toisaalta taas huomattavin negatiivinen geneettinen korrelaatio havaittiin takajalkojen asento takaa katsottuna ja kintereen välillä ($r_g = -0,28 (\pm 0,08)$), mikä merkitsee pienemmän kinnerkulman heikkoa geneettistä yhteyttä ulospäin kaareutuviin takajalkoihin. Fenotyypiset korrelaatiot ayrshirellä olivat melko alhaisia. Ainoastaan sorkkakulman ja vuohisen välinen fenotyypinen korrelaatio oli selvästi nollasta poikkeava ($r_p = 0,26$).

Taulukko 16. Jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset geneettiset korrelaatiot keski-
virheineen (yläkolmio) sekä fenotyyppiset korrelaatiot ayrshirellä (alakolmio).

	Kinner	Vuohinen	Tjas	Skulma	Llaatu	Elopaino
Kinner		-0,21 ($\pm 0,04$)	-0,28 ($\pm 0,08$)	0,35 ($\pm 0,07$)	-0,10 ($\pm 0,03$)	0,07 ($\pm 0,10$)
Vuohinen	-0,11		0,47 ($\pm 0,08$)	0,51 ($\pm 0,07$)	0,03 ($\pm 0,04$)	-0,02 ($\pm 0,08$)
Tjas	-0,10	0,10		-0,10 ($\pm 0,10$)	0,23 ($\pm 0,05$)	-0,15 ($\pm 0,11$)
Skulma	0,00	0,26	-0,01		-0,21 ($\pm 0,06$)	0,16 ($\pm 0,12$)
Llaatu	-0,04	0,06	0,08	0,00		-0,31 ($\pm 0,13$)
Elopaino	-0,01	0,05	0,03	0,04	-0,23	

Tjas = takajalkojen asento takaa, Skulma = sorkkakulma, Llaatu = luuston laatu

Ayrshiren elopainoluokalla oli selkeä geneettinen yhteys jalkarakenneominaisuuksiin (taulukko 16). Suurin positiivinen geneettinen yhteys elopainolla oli sorkkakulmaan ($r_g = 0,16$ ($\pm 0,12$)) eli geneettisesti mitä painavampi eläin sitä suurempi sorkkakulma sillä on. Vastaa-
vasti huomattavin negatiivinen geneettinen yhteys havaittiin elopainon ja luuston laadun välil-
le ($r_g = -0,31$ ($\pm 0,13$)). Fenotyyppisistä korrelaatioista ainoastaan luuston laadulla ja elopainol-
la havaittiin olevan selvää fenotyyppistä yhteyttä. Niiden välillä oli -0,23 suuruinen fenotyypp-
pinen korrelaatio. Muut fenotyyppiset korrelaatiot olivat lähes nollia.

Myös holstein-friisiläisellä jalkarakenneominaisuuksien väliset geneettiset korrelaatiot olivat
suurimmaksi osaksi selvästi nollasta poikkeavia (taulukko 17). Suurin positiivinen geneetti-
nen korrelaatio holstein-friisiläisellä havaittiin ayrshiren tavoin sorkkakulman ja vuohisen
välillä ($r_g = 0,54$ ($\pm 0,12$)). Sitä vastoin voimakkain negatiivinen geneettinen korrelaatio saatiin
kintereen ja vuohisen välille ($r_g = -0,34$ ($\pm 0,05$)) eli geneettisesti mitä vennompi vuohinen, sitä
kiverämpi kinner. Holstein-friisiläisellä fenotyyppiset korrelaatiot olivat ayrshiren tavoin al-
haisempia kuin geneettiset korrelaatiot. Sorkkakulman ja vuohisen välille saatiin 0,25 suurui-
nen fenotyyppinen korrelaatio. Lisäksi positiivista fenotyyppistä yhteyttä oli luuston laadun ja
takajalkojen asennon takaa katsottuna välillä ($r_p = 0,16$). Eli fenotyyppiltään ohuemmat ja lit-
teäluisemmat jalat ovat yhteydessä ulospäin kaareutuviin jalkoihin. Negatiivisista fenotyyppi-
sistä korrelaatioista merkittävin oli vuohisen ja kintereen välille löydetty fenotyyppinen korre-
laatio -0,11.

Taulukko 17. Jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset geneettiset korrelaatiot keski-
virheineen (yläkolmio) sekä fenotyyppiset korrelaatiot holstein-friisiläisellä (alakolmio).

	Kinner	Vuohinen	Tjas	Skulma	Llaatu	Elopaino
Kinner		-0,34 ($\pm 0,05$)	0,04 ($\pm 0,07$)	-0,07 ($\pm 0,09$)	0,26 ($\pm 0,07$)	0,30 ($\pm 0,11$)
Vuohinen	-0,11		0,25 ($\pm 0,05$)	0,54 ($\pm 0,12$)	0,02 ($\pm 0,06$)	0,33 ($\pm 0,11$)
Tjas	-0,04	0,09		0,06 ($\pm 0,08$)	0,21 ($\pm 0,07$)	0,31 ($\pm 0,11$)
Skulma	-0,01	0,25	0,00		-0,23 ($\pm 0,08$)	-0,05 ($\pm 0,11$)
Llaatu	0,03	0,08	0,16	-0,01		-0,01 ($\pm 0,13$)
Elopaino	-0,07	0,08	0,04	0,05	-0,18	

Tjas = takajalkojen asento takaa, Skulma = sorkkakulma, Llaatu = luuston laatu

Holstein-friisiläisen elopainoluokalla oli huomattavasti suurempi geneettinen yhteys osaan jalkarakenneominaisuuksista kuin ayrshirellä (taulukko 17). Suurin positiivinen geneettinen yhteys elopainoluokalla oli vuohiseen ($r_g = 0,33 (\pm 0,11)$). Ayrshirestä poiketen holstein-friisiläisellä negatiivista geneettistä yhteyttä elopainoluokan ja jalkarakenneominaisuuksien välillä ei juurikaan havaittu. Negatiivisin geneettinen korrelaatio havaittiin sorkkakulman ja elopainoluokan välille, joka oli ainoastaan $-0,05 (\pm 0,11)$. Ayrshiren tavoin ainoa selkeä fenotyyppinen korrelaatio elopainoluokan ja jalkarakenteen välillä havaittiin luuston laadun ja elopainoluokan välillä ($r_p = -0,18$).

Aiemmin tehdyissä tutkimuksissa on havaittu jalkarakenneominaisuuksille paikoin toisistaan poikkeaviakin korrelaatiotuloksia. Muun muassa van der Waaij ym. (2005) saivat tutkimuksessaan takajalkojen asento takaa ja sorkkakulman väliseksi geneettiseksi korrelaatioksi $0,26 (\pm 0,14)$ ja fenotyyppiseksi korrelaatioksi $0,31 (\pm 0,01)$ käyttäen aineistossaan eläimiä, jotka sukupuunsa perusteella olivat vähintään 75 %:sti holstein-friisiläis -rotuisia. Samansuuntaisia tuloksia van der Waaijn ym. (2005) kanssa saivat myös Wiggans ym. (2006), joiden saamat korrelaatiot takajalkojen asento takaa ja sorkkakulman välille olivat Brown Swiss -rotuiselle karjalle $r_g = 0,19$ ja $r_p = 0,19$ sekä Guernsey-rodulle $r_g = 0,31$ ja $r_p = 0,21$. Esimerkiksi nämä tulokset olivat vain hieman eriäviä tämän tutkimuksen tuloksien kanssa. Toisaalta taas Pérez-Cabal ym. (2006) ovat saaneet hyvinkin erisuuntaisia korrelaatioiden arvoja, mitä tässä tutkimuksen on saatu. Varsinkin tämän tutkimuksen holstein-friisiläisille saadut korrelaatiot poikkeavat heidän tutkimuksensa korrelaatioiden kanssa. Pérez-Cabal ym. (2006) saivat muun muassa takajalkojen asennon takaa katsottuna ja sorkkakulman väliseksi geneettiseksi korre-

laatioksi -0,44 ($\pm 0,03$) ja he käyttivät tutkimuksessaan holstein-rotuisia eläimiä. Takajalkojen asento takaa ja luuston laadun välille on aiemmissa tutkimuksissa saatu jokseenkin yhteneviä tuloksia tämän tutkimuksen kanssa. Muun muassa tanskalaisessa tutkimuksessa Boelling ym. (2001) saivat Tanskan punaiselle rodulle geneettiseksi korrelaatioksi 0,10 ja tanskalaiselle holsteinille 0,17.

Elopainon on havaittu vaikuttavan huomattavasti jalkoihin ja erityisesti jalkojen ongelmiin. Brotherstone ym. (2007) tutkivat elopainon vaikutusta muun muassa jalkojen terveyteen ja havaitsivat maksimaalisen kasvun ja jalkaongelmien välillä olevan 0,71 suuruisen sekä vieroituspainon ja jalkaongelmien välillä olevan 0,65 suuruisen geneettisen korrelaation.

Sorkkasairauksien sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset geneettiset korrelaatiot

Tässä tutkimuksessa saatiin sorkkasairauksien sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon välisiksi geneettisiksi korrelaatioiksi rotujen välillä osin erisuuntaisia tuloksia (taulukko 18). Toisaalta keskivirheet olivat osassa näistä erisuuntaista korrelaatioista suuria.

Taulukko 18. Sorkkasairauksien esiintymisen sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset geneettiset korrelaatiot.

	Ay	Fr
	Sorkkasairaus	Sorkkasairaus
Kinner	-0,03 ($\pm 0,16$)	0,18 ($\pm 0,13$)
Vuohinen	-0,13 ($\pm 0,03$)	0,02 ($\pm 0,04$)
Takajalkojen asento	0,44 ($\pm 0,16$)	0,11 ($\pm 0,16$)
Sorkkakulma	-0,59 ($\pm 0,14$)	-0,08 ($\pm 0,16$)
Luuston laatu	0,09 ($\pm 0,29$)	0,14 ($\pm 0,08$)
Painoluokka	0,06 ($\pm 0,13$)	-0,07 ($\pm 0,12$)

Ay = ayrshire

Fr = holstein-friisiläinen

Ayrshirellä löytyi selvästi negatiivinen geneettinen yhteys sorkkasairauden esiintymisen ja jalkarakenneominaisuuksista sorkkakulman välille ($r_g = -0,59 (\pm 0,14)$). Tämä tarkoittaakin sitä, että geneettisesti mitä pienempi sorkkakulma lehmällä on, sitä todennäköisemmin sorkassa esiintyy sorkkasairaus. Vastaavasti holstein-friisiläiselle ei tutkimuksessa saatu sorkka-

sairauden ja sorkkakulman välille geneettisesti yhtä voimakasta negatiivista tulosta. Geneettinen korrelaatio oli holstein-friisiläisellä ainoastaan $-0,08 (\pm 0,16)$.

Suurin positiivinen geneettinen korrelaatio ($r_g = 0,44 (\pm 0,16)$) tutkimuksessa saatiin ayrshirelle takajalkojen asento takaa katsottuna ja sorkkasairauksien välille. Geneettisesti mitä suurempi takajalkojen välinen etäisyys oli takaa katsottuna, sitä suuremmalla todennäköisyydellä sorkissa esiintyy jokin sorkkasairaus. Tämä saattaa osaltaan johtua painon epätasaisesta jakautumisesta sorkan eri osille. Tosin takajalkojen asento takaa katsottuna -ominaisuuden optimi on molemmilla roduilla kahdeksan, joka tarkoittaa suoria jalkoja takaa katsottuna. Jos jalkojen etäisyys takaa katsottuna on suurempi kuin sorkkien etäisyys, saa ominaisuus arvon yhdeksän. Holstein-friisiläisen vastaava geneettinen korrelaatio oli alhaisempi $0,11 (\pm 0,16)$.

Suurin osa aiemmin tehdyistä tutkimuksista on tehty holstein-rotuisella karjalla ja myös niissä geneettiset korrelaatiot sorkkasairauksien ja jalkarakenneominaisuuksien välillä vaihtelevat tutkimuksesta toiseen. Muun muassa takajalkojen asennon takaa katsottuna ja sorkkasairauksen esiintymisen välille saivat Laursen ym. (2009) tutkimuksessaan geneettisen korrelaation arvoksi $r_g = 0,20$. Boettcher ym. (1998) taas saivat vastaavaksi arvoksi tutkimuksessaan $r_g = -0,68$. Samoin sorkkakulma on aiemmissa tutkimuksissa saanut hyvin toisistaan poikkeavia arvoja. Esimerkiksi Onyiro & Brotherstone (2007) saivat geneettiseksi korrelaatioksi sorkkasairauksien ja sorkkakulman välille $0,30 (\pm 0,10)$ ja Laursen ym. (2009) saivat arvoksi $0,02 (\pm 0,10)$. Tosin myös tutkimuksissa olleet lehmärodut ja käytetyt asteikot, arvioimismenetelmät ja mallit vaihtelivat tutkimuksesta toiseen.

Sorkkasairauksien ja elopainon väliset geneettiset korrelaatiot olivat erittäin pieniä. Ayrshirellä sorkkasairauden ja elopainoluokan välillä havaittiin pieni positiivinen geneettinen yhteys ($r_g = 0,06 (\pm 0,13)$), kun taas holstein-friisiläisellä vastaava korrelaatio oli hieman negatiivinen ($r_g = -0,07 (\pm 0,12)$). Aiemmissa tutkimuksissa on havaittu suuremmilla eläimillä olevan suurempi riski sairastua sorkkasairauksiin (Wells ym. 1993; Alban 1994; Townsed ym. 1989).

Sorkkasairauksien sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon väliset fenotyyppiset korrelaatiot

Fenotyyppiset korrelaatiot sorkkasairauksien sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon välillä olivat käytännössä lähes nollia. Tämä havaittiin myös aiemmin tehdyissä tutkimuksissa. Aiemmissä tutkimuksissa fenotyyppiset korrelaatiot ovat olleet huomattavasti geneettisiä korrelaatioita pienempiä, ja näin oli myös tämän tutkimuksen kohdalla. Samankaltaisia lähellä nollaa olevia fenotyyppisiä korrelaatioita on saatu muun muassa Onyiron ym. (2008) ja Laurisen ym. (2009) tekemissä tutkimuksissa. Näin voidaan todeta, että fenotyyppisiä yhteyksiä sorkkasairauksien sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon välillä ei juurikaan ole.

4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa sorkkasairauksien periytymisasteet olivat alhaisia molemmilla roduilla niin binomiaalikorjattuina kuin korjaamattominakin. Tämä oli kuitenkin yhtenevää myös aiempien tutkimuksien kanssa. Näin voitiin todeta sorkkasairauksien jalostamisen olevan hidasta ympäristötekijöiden suuren vaikutuksen vuoksi, mutta geneettinen edistyminen on kuitenkin mahdollista. Vertailututkimuksissa periytymisasteiden arviot oli laskettu sorkkasairauksille erikseen, mutta silti tulokset olivat hyvin samansuuntaisia. Tässä tutkimuksessa selvitettiin sorkkasairauksien sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon välisiä yhteyksiä yleisellä tasolla ilman sairauksien erittelyä.

Tässä tutkimuksessa saadut korrelaatiotulokset olivat osin erisuuntaisia kuin aiempien tutkimuksien tulokset. Ayrshirellä geneettiset korrelaatiot olivat paikoin paljon suurempia, kuin aiempiin tutkimuksiin pohjautuen oli oletettu. Lisäksi geneettisiä korrelaatioita laskettaessa, rotujen välillä havaittiin eroja. Ayrshiren tulokset olivat osin erisuuntaisia kuin holsteinfriisiläisen tulokset. Erilaisia tuloksia saattoivat osaltaan selittää rotujen väliset rakenne-erot. Holstein-friisiläiset ovat rakenteeltaan keskimäärin suorajalkaisempia ja suurempia kuin ayrshiret.

Vaikka kaikki ominaisuudet olivatkin normaalisti jakautuneita, kaikkien ominaisuuksien optimitasot eivät olleet jakauman keskellä vaan saattoivat sijaita esimerkiksi jakauman yläpäässä. Näissä ominaisuuksissa, joiden lasketut keskiarvot olivat jakauman keskellä ja optimiarvot taas jakauman yläpäässä, ollaankin edelleen rakenteellisesti hyvin kaukana asetetuista optimiarvoista.

Jatkossa olisi mielenkiintoista laskea korrelaatiot sorkkasairauksien sekä jalkarakenteen ja elopainon välille esimerkiksi siten, että tarttumalla leviävät sorkkasairaudet olisi erotettu rakenteellisista sorkkasairauksista. Näin saataisiin lisää tietoa niin ympäristön vaikutuksista kuin periytyvän osuuden suuruudestakin, vaikka oltaisiinkin kiinnostuneita vain yleisellä tasolla sorkkasairauksista. Lisäksi punaisilla lehmäroduilla tehtyjä tutkimustuloksia olisi hyvä saada lisää, jotta voitaisiin enemmän vertailla rotujen välisiä eroja. Tällä hetkellä saatavilla olevista tutkimuksista suurin osa on tehty holstein-friisiläis - tai holstein -rotuisella karjalla.

Tässä tutkimuksessa geneettiset korrelaatiot sorkkasairauksien sekä jalkarakenneominaisuuksien ja elopainon välillä olivat osaksi kohtuullisen suuria. Toisaalta on huomioitavaa, että jalostusohjelmissa jo olemassa olevat jalkarakenneominaisuudet korreloivat keskenään hyvin. Jalkarakenneominaisuuksille on myös jo valmiit arvioimisstandardit. Näin ollen mahdollisesti riittäisikin se, että jalostetaan jatkossakin hyvää jalkarakennetta. Näin samalla jalostettaisiin myös parempaa jalka- ja sorkkaterveyttä. Kuitenkin tähän mennessä on menestyksekkäästi kerätty informaatiota niin sorkkien rakenteesta kuin sorkkasairauksistakin ja informaatiota kertyy edelleen. Sorkkaterveyden jalostaminen on tärkeää ja sorkkaterveysindeksi on hyvä lisä nykyiseen jalostusohjelmaan. Arvosteluvarmuutta voitaisiin kuitenkin parantaa laskemalla yhdistetty jalka- ja sorkkaindeksi.

Kirjallisuus

- Alban, L. 1994. Lameness in Danish dairy cows: frequency and possible risk factors. *Preventive Veterinary Medicine* 22: 213-225.
- Bergsten, C. 1997. Infectious diseases of the digits. Kirjassa: Greenough, P. R. & Weaver, A. D. (toim.) *Lameness in Cattle*. 3. Painos, W. B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, USA. s. 89-100.
- Blowey, R. W. & Weaver, A. D. 1991. *A Colour Atlas of Diseases & Disorders of Cattle*. 1. Painos. Wolfe Publishing Ltd, UK. 223 s.
- Boelling, D., Madsen, P. & Jensen, J. 2001. Genetic parameters of foot and leg traits in future AI bulls. II. Correlation to body conformation traits in daughters. *Acta Agriculturae Scandinavica, section A, Animal Science* 51: 122-128.
- Boettcher, P.J., Dekkers, J.C.M., Wanick, L.D. & Wells, S.J. 1998. Genetic analysis of clinical lameness in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 81: 1148-1156.
- Brotherstone, S., Coffey, M.P. & Banos, G. 2007. Genetic parameters of growth in dairy cattle and associations between growth and health traits. *Journal of Dairy Science* 90: 444-450.
- Collick, D. W. 1997. Pododermatitis Circumscripta (Sole Ulcer). Kirjassa: Greenough, P. R. & Weaver, A. D. (toim.) *Lameness in Cattle*. 3. Painos, W. B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, USA. s. 101-104.
- Falconer, D.S. & Mackay, T.F.C. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4. Painos. Longman Group Ltd, England. 464 s.
- Greenough, P. R. 2007. *Bovine Laminitis and Lameness*. 1. Painos. Elsevier Ltd, Saskatoon, Canada. 311 s.
- Groeneveld, E., Kovac, M. & Mielenz, N. 2008. *VCE User's Guide and Manual, Version 6.0*. Institute of Farm Animal Genetics, Friedrich Loeffler Institute, Mariensee, Germany

- Huang, Y. C. & Shanks, R. D. 1995. Within herd estimates of heritabilities for six hoof characteristics and impact of dispersion of discrete severity scores on estimates. *Livestock Production Science* 44: 107-114.
- Ishler, V., Wolfgang, D. & Griswold, D. 1999. Prevention and control of foot problems in dairy cows. [Viitattu 18.4.2008] Saatavilla [www-muodossa: <PSU:](http://www.muodossa.com/PSU:)
<http://www.das.psu.edu/dairynutrition/documents/foot.pdf>>
- Laakso, M. 2006. Lypsylehmien sorkkasairauksien perinnölliset tunnusluvut. *Helsingin yliopiston kotieläintieteen julkaisuja* 80: 35 s.
- Laursen, M.V., Boelling, D. & Mark, T. 2009. Genetic parameters for claw and leg health, foot and leg conformation, and locomotion in Danish Holsteins. *Journal of Dairy Science* 92: 1770-1777.
- Lynch, M. & Walsh, B. 1998. *Genetics and Analysis of Quantitative Traits*. 1. Painos. Sinauer Associated, Sunderland, MA, USA. 980 s.
- Onyiro, O.M., Andrews, L.J. & Brotherstone, S. 2008. Genetic parameters for digital dermatitis and correlations with locomotion, production, fertility traits, and longevity in Holstein-Friesian dairy cows. *Journal of Dairy Science* 91: 4037-4046.
- Onyiro, O.M. & Brotherstone, S. 2007. Genetic analysis of locomotion and associated conformation traits of Holstein-Friesian dairy cows managed in different housing systems. *Journal of Dairy Science* 91: 322-328.
- Pérez-Cabal, M.A., García, C., Gonzáles-Recio, O. & Alenda, R. 2006. Genetic and phenotypic relationships among locomotion type traits, profit, production, longevity, and fertility in Spanish dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89: 1776-1783.
- Rajala-Schultz, P.J., Gröhn, Y.T. & McCulloch, C.E. 1999. Effects of milk fever, ketosis and lameness on milk yield in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82: 288-294.

Rautala, H. 1996. Tavoitteena terve karja. 3. Painos. Suomen Kotieläinjalostusosuuskunta. Vantaa 203 s.

Toshniwal, J.K., Dechow, C.D., Cassell, B.G., Appuhamy, J.A.D.R.N. & Varga, G.A. 2008. Heritability of electronically recorded daily body weight and correlations with yield, dry matter intake, and body condition score. *Journal of Dairy Science* 91: 3201-3210.

Townsend, H. G. G., Meek, A. H., Lesnick, T. G. & Janzen, E. D. 1989. Factors associated with average daily gain, fever and lameness in beef bulls at the Saskatchewan central feed test station. *Canadian Journal of Veterinary Research* 53: 349-354.

Vahlsten, T. 2007. Kokonaisjalostusarvo uudistui. *Nauta* 1: 6-10.

Vilva, V. 1998. WSYS-L-ohjelmisto. Kotieläintieteen laitos, Helsingin yliopisto, Helsinki.

van Amstel, S. & Shearer, J. 2006. Manual for treatment and control of lameness in cattle. 1. Painos, Blackwell Publishing, Iowa, USA. 212s

van der Waaij, E.H., Holzhauer, M., Ellen, E., Kamphuis, C. & de Jong, G. 2005. Genetic parameters for claw disorders in Dutch dairy cattle and correlations with conformation traits. *Journal of Dairy Science* 88: 3672-3678.

van Dorp, T.E., Dekker, J.C.M., Martin, S.W. & Noordhuizen, J.P.T.M. 1998. Genetic parameters of health disorders, and relationships with 305-day milk yield and conformation traits of registered holstein cows. *Journal of Dairy Science* 81: 2264-2270.

Wells, S.J., Trent, A.M., Marsh, W.E., McGovern, P.G. & Robinson, R.A. 1993. Individual cow risk factors for clinical lameness in lactating dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine* 17: 95-109.

Wiggans, G.R., Thornton, L.L., Neitzel, R.R. & Gengler, N. 2006. Genetic parameters and evaluation of rear legs (rear view) for brown Swiss and Guernseys. *Journal of Dairy Science* 89: 4895-4900.